塔吉克斯坦受威胁维管植物物种多样性及保护空缺研究

李雨凡[1,2]， 李文军[2,3]， 马苏力娅[3,4]， 苏宇琦[1,2]， 王洪峰[1]

（1. 东北林业大学，黑龙江 哈尔滨 150040；2. 新疆抗逆植物基因资源保育与利用重点实验室，中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；3. 中国-塔吉克斯坦生物资源保育与可持续利用"一带一路"联合实验室，中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；4. 内蒙古工业大学，内蒙古 呼和浩特 010051）

摘 要：受威胁物种是生物多样性保护的优先对象。为了解塔吉克斯坦受威胁物种多样性及其保护现状，基于自然保护联盟（IUCN）和塔吉克斯坦国家红色名录评估数据，梳理塔吉克斯坦受威胁维管植物物种多样性，比较世界IUCN和国家级红色名录评估的差异，并结合塔吉克斯坦受威胁植物丰富度分布格局图和塔吉克斯坦保护区图层，采用地理信息系统（GIS）图层叠加法与差距分析（GAP分析）对塔吉克斯坦受威胁植物进行保护空缺分析。结果表明：（1）塔吉克斯坦受威胁植物物种数最高的属依次为：葱属（*Allium*）、郁金香属（*Tulipa*）、阿魏属（*Ferula*），主要受到放牧、采集和采矿工程等因素的显著不利影响。（2）2015年版的《塔吉克斯坦红色名录》[NRL（2015年）]与2022年IUCN红色名录第三版数据[IUCN-RL（2022年）]中共有受威胁物种228个，11种被2份名录共同收录，其中，IUCN-RL（2022年）中受威胁等级比NRL（2015年）中高的有6种、低的有4种、相同的仅1种。评估尺度、分类观点不一致和物种情况发生实质变化及评估资料不全面是导致这一差异的主要原因。（3）塔吉克斯坦各地理区受威胁物种分布较分散。受威胁物种丰富度最高的地区是吉萨尔-达尔瓦查A（Hissar-Darvasian A）。（4）塔吉克斯坦保护区仅覆盖了该区域约22%的领土，且保护区范围并未完全与受威胁物种丰富度较高地区重合，重点地区保护程度不足，需要加强保护。

关 键 词：塔吉克斯坦；植物多样性；受威胁植物；分布格局；保护空缺

文章编号：1000-6060(2025)01-0043-10(0043~0052)

受威胁物种的保护是生物多样性研究的重要组成部分[1]。为减缓物种灭绝速度，确定受威胁物种的濒危程度、分布格局和保护空缺，并及时采取相应保护措施至关重要[2]。根据世界自然保护联盟（IUCN）物种红色名录濒危等级和标准，"受威胁"类别包括极危、濒危及易危3个濒危等级[3]。受威胁物种名录是物种灭绝风险的测度，是衡量全球生物多样性健康状况的关键指标[4]，其包括聚焦于全球性评估的IUCN红色名录（IUCN-RL）与国别研究的国家红色名录（NRL）[5]。其中，IUCN红色名录预警了全球物种的濒危状况，是全球尺度下生物多样性保护的研究基础；而国别红色名录则侧重于国家范围内的评估[3]，可填补全球濒危物种数据的空白区域。2份名录具有互补性[5]，原则上应将这2类红色名录结合分析，以更全面、更准确地评估植物受威胁情况，制定保护生物多样性战略目标[3]。

塔吉克斯坦全国处于南方干旱带以及欧亚大陆内陆沙漠的高山系统中，山地及高原占国土面积

收稿日期：2024-01-29； **修订日期**：2024-02-27

基金项目：新疆维吾尔自治区区域协调创新专项（上海合作组织科技伙伴计划及国际科技合作计划）（2023E01018）；第三次新疆综合科学考察（2022xjkk1505）；东北亚生物多样性研究中心项目；东北亚维管植物编目（2572022DS05）资助

作者简介：李雨凡（1999-），女，硕士研究生，主要从事植物资源多样性研究. E-mail: liyufangz2021@163.com

通讯作者：王洪峰（1977-），男，博士，工程师，主要从事植物分类与多样性研究. E-mail: wanghongfeng90@163.com

的93%，地理位置及海拔高度的巨大差异使其具有高度的生物多样性[6-7]，共有野生维管植物4269种[8]，特有物种1486种[9]，被保护国际(CI)认定为生物多样性热点地区[8]。然而，塔吉克斯坦的生物多样性正在以惊人的速度丧失[10]。目前，塔吉克斯坦(尤其是山区)的药用植物、珍稀果树林及牧场的面积正在迅速缩减[11]。此外，全球环境变化(如气候变暖和极端天气等情况)导致部分易受气候影响的物种生存机会减少[9]。

为有效保护塔吉克斯坦植物多样性，IUCN和塔吉克斯坦的国立科研机构对该国的植物进行了评估，制定了红色名录。1988年版的《塔吉克斯坦红色名录》包含226种珍稀濒危植物[12]。2015年版的《塔吉克斯坦红色名录》[NRL(2015年)]遵循IUCN标准，对塔吉克斯坦植物进行了评估，此次评估中，依据IUCN受威胁等级划分，易危等级包含103种，濒危等级包含89种，极危等级包含71种，野外灭绝等级包含4种[13]。

2020年，Nowak等[8]对塔吉克斯坦所有野生植物类群的受威胁状况进行了评估，并分析了特定濒危类群与生物、生态和气候因素的关系。此外，针对部分濒危物种和地区，也开展了一些相关研究，如Squires根据NRL(2015年)，结合塔吉克斯坦地理环境，对塔吉克斯坦山区生态系统的受威胁因素进行了研究，对多样性保护现状进行了分析[14]；Olonova等[15]结合NRL(2015年)中的濒危等级评估情况，对帕米尔地区巴达赫尚山系的特有种、孑遗种进行了多样性研究及保护分析。但现有成果鲜少将IUCN红色名录与塔吉克斯坦红色名录进行对比分析。

本文基于NRL(2015年)[13]及2022年IUCN红色名录第三版数据[IUCN-RL(2022年)][16]，梳理不同评估尺度(全球性评估与国别研究)的受威胁物种，比较分析物种组成和濒危等级的异同及产生因素；在确定塔吉克斯坦受威胁植物的地理分布基础上，结合塔吉克斯坦保护区分布，评估受威胁物种的保护空缺。有助于制定全面而精确的保护策略，为塔吉克斯坦的植物多样性保护提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

塔吉克斯坦(36°40′~41°05′N，67°31′~75°14′E)位于中亚东南部，是内陆高山国家，面积为14.35×10^4 km^2[9]，东西长700 km，南北宽350 km，边界线总长3000 km[17]。全境属典型的大陆性气候，海拔高度在300~7495 m之间[11]，大多在3000 m以上[18]。高山区随海拔高度增加，大陆性气候加剧，南北温差较大[19]。塔吉克斯坦东部、东南部与中国新疆接壤，南部与阿富汗交界，西部与乌兹别克斯坦毗邻，北部与吉尔吉斯斯坦相连[17]。塔吉克斯坦主要生态系统包括森林、高山、干旱区、灌木林、草原、半荒漠和湿地，该国植被由西部的草原群落逐渐过渡至南部的半荒漠和荒漠生境[14]。

1.2 数据来源

通过在线数据库世界植物在线(POWO)[20]校对NRL(2015年)和IUCN-RL(2022年)中涉及的受威胁物种的学名，命名人遵循国际植物名称索引(IPNI)[21]，对于未有效发表的物种，则将其舍弃[3]。

物种分布数据的来源主要有：(1)《塔吉克斯坦植物志》及补编[22-33]中的物种分布信息；(2) Nowak等[8]发表的塔吉克维管植物名录及分布数据集；(3) 物种的原始发表文献[34-35]；(4) GBIF(Global biodiversity information facility)数据库中的标本记录[36]；(5) IUCN公布的受威胁物种空间分布数据[37-41]。

1.3 研究方法

依据被子植物的APG IV[42]分类系统、石松类和蕨类植物的PPG I[43]分类系统、裸子植物的克氏分类系统[44]，整理NRL(2015年)和IUCN-RL(2022年)中物种的科属组成，并统计含种数>20的科、属，含种数在2~20之间的科、属，以及只包含1种物种的科、属占总科数、总种数的比值；分析NRL(2015年)及IUCN-RL(2022年)在世界范围与国别研究中受威胁等级差异。

采用地理信息系统(GIS)图层叠加法[45]与差距分析(GAP分析)[46]对塔吉克斯坦进行保护空缺性分析[47]。使用ArcGIS 10.8软件，基于塔吉克斯坦国家边界范围，按照《塔吉克斯坦植物志》中Goncharov的观点将塔吉克斯坦划分为26个植物地理区[26]，整合NRL(2015年)与IUCN-RL(2022年)中的受威胁物种数据及分布信息，根据各个区域内受威胁植物的丰富度，完成塔吉克斯坦受威胁物种丰富度格局图。通过世界保护区矢量数据库[48]获取塔吉克斯坦保护区相关信息及保护区分布图层，将该图层与塔吉克植物地理区划图叠加，得到塔吉克斯坦保护区空间分布图。利用ArcGIS 10.8软件，将塔吉克斯

坦保护区空间分布图与塔吉克斯坦受威胁物种丰富度空间格局图进行叠加，对塔吉克斯坦保护区与受威胁物种丰富度的空间分布关系进行保护空缺性分析。

2 结果与分析

2.1 物种组成差异

NRL（2015年）共收录受威胁植物44科112属220种。其中，被子植物共38科105属212种，蕨类植物共4科5属5种，裸子植物2科2属3种。IUCN-RL（2022年）仅收录被子植物一个类群，包含5科8属19种（表1）。2份名录合计受威胁物种共44科113属228种，其中，被子植物38科106属220种，蕨类植物4科5属5种，裸子植物2科2属3种。

综合2份名录，根据塔吉克斯坦受威胁植物各科所含种数划分为3个级别：>20种、2~20种、1种（表2）。受威胁物种数>20的科有豆科（Fabaceae）和石蒜科（Amaryllidaceae），占总科数的4.54%，属有11个，占总属数的9.74%。含种数在2~20之间的科有25个，占总科数的56.82%，包括：伞形科（Apiaceae）、菊科（Asteraceae）、百合科（Liliaceae）等，属有85个，占总属数的75.22%。含种数为1的科有17个，包括：白花菜科（Cleomaceae）、山茱萸科（Cornaceae）、千屈菜科（Lythraceae）等，属有17个，分别占总科数、总属数的38.64%、15.04%。

NRL（2015年）中，含种数>20的科有豆科（Fabaceae）和石蒜科（Amaryllidaceae）2个，属有11个，分别占总科数、总属数的4.44%、9.82%。含种数在2~20之间的科有25个，包括：伞形科（Apiaceae）、菊科（Asteraceae）、十字花科（Brassicaceae）、鸢尾科（Iridaceae）等，属有84个，分别占总科数、总属数的55.56%、75.00%。含种数为1的科有17个，包括：白花菜科（Cleomaceae）、山茱萸科（Cornaceae）、葫芦科（Cucurbitaceae）等，属有17个，分别占总科数、总属数的40.00%、15.18%。

IUCN-RL（2022年）中，含种数>20的科为0，含种数在2~20之间的科有3个，分别为百合科（Liliaceae）、蔷薇科（Rosaceae）、蒺藜科（Zygophyllaceae），属有6个。含种数为1的科有2个，分别为：忍冬科（Caprifoliaceae）、山茱萸科（Cornaceae），属有2个。

2份红色名录中，受威胁物种数最高的3个属依次为：葱属（*Allium*）、郁金香属（*Tulipa*）、阿魏属（*Ferula*）。NRL（2015年）中受威胁物种数最高的3个属依次为：葱属、郁金香属、阿魏属。IUCN-RL（2022年）中受威胁物种数最高的3个属依次为：郁金香属、梨属（*Pyrus*）、山楂属（*Crataegus*）。

2.2 受威胁等级评估差异分析

2份红色名录的物种受威胁等级见表3。综合2份红色名录，共涉及极危物种56种，占总种数的

表1　塔吉克斯坦受威胁植物类群种数统计

Tab. 1　Statistics on the number of species of threatened plant taxa in Tajikistan

植物类型	NRL（2015年）						IUCN-RL（2022年）					
	科数	占比/%	属数	占比/%	种数	占比/%	科数	占比/%	属数	占比/%	种数	占比/%
被子植物	38	86.36	105	93.75	212	96.37	5	100.00	8	100.00	19	100.00
蕨类植物	4	9.09	5	4.46	5	2.27	–	–	–	–	–	–
裸子植物	2	4.55	2	1.79	3	1.36	–	–	–	–	–	–
合计	44	100.00	112	100.00	220	100.00	5	100.00	8	100.00	19	100.00

注：NRL（2015年）表示2015年版《塔吉克斯坦红色名录》；IUCN-RL（2022年）表示2022年IUCN红色名录第三版数据。下同。

表2　塔吉克斯坦受威胁植物科所含物种数量分类

Tab. 2　Classification of the number of species contained in threatened plant families in Tajikistan

含种数	NRL（2015年）				IUCN-RL（2022年）				综合2份名录			
	科数	占比/%	属数	占比/%	科数	占比/%	属数	占比/%	科数	占比/%	属数	占比/%
>20	2	4.44	11	9.82	–	–	–	–	2	4.54	11	9.74
2~20	25	55.56	84	75.00	3	60.00	6	75.00	25	56.82	85	75.22
1	17	40.00	17	15.18	2	40.00	2	25.00	17	38.64	17	15.04
合计	44	100.00	112	100.00	5	100.00	8	100.00	44	100.00	113	100.00

表3 塔吉克斯坦红色名录受威胁等级构成

Tab. 3 Threat level composition of Tajikistan red list

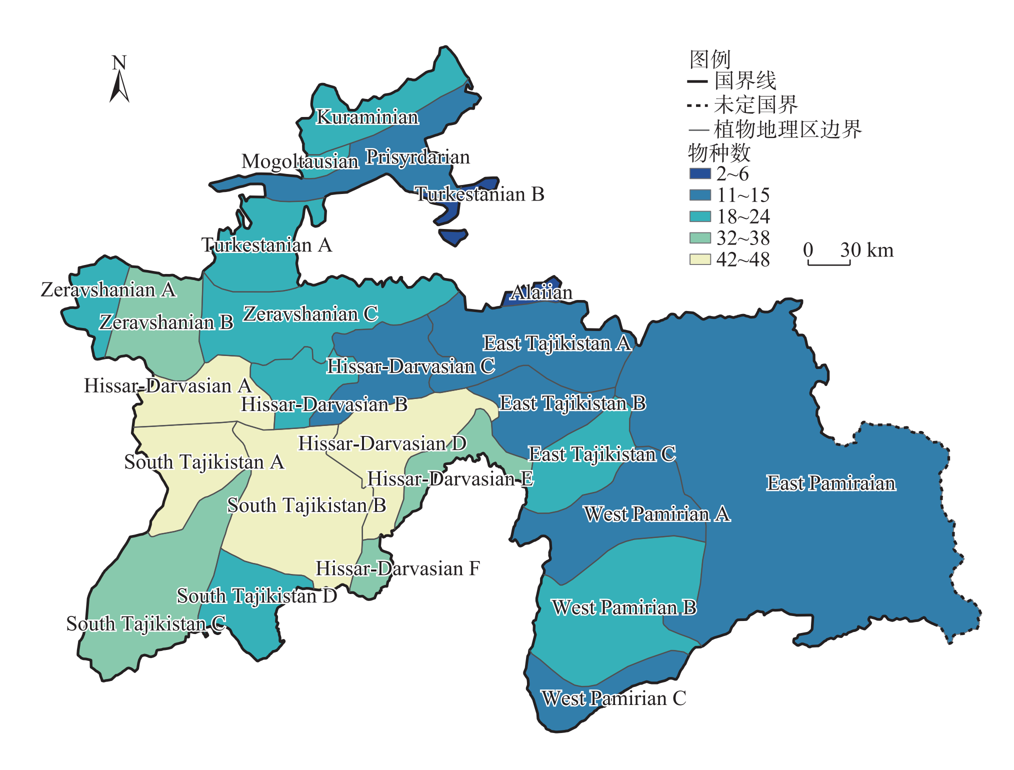
受威胁等级	NRL(2015年)		IUCN-RL(2022年)		综合2份名录	
	种数	占比/%	种数	占比/%	种数	占比/%
极危	51	23.18	8	42.11	56	24.56
濒危	72	32.73	4	21.05	73	32.02
易危	97	44.09	7	36.84	99	43.42
合计	220	100.00	19	100.00	228	100.00

24.56%,濒危物种73种,占总种数的32.02%,易危物种99种,占总种数的43.42%。其中,NRL(2015年)包含极危物种51种,占总种数的23.18%,濒危物种72种,占总种数的32.73%,易危物种97种,占总种数的44.09%。IUCN-RL(2022年)含极危物种8种,占总种数的42.11%,濒危物种4种,占总种数的21.05%,易危物种7种,占总种数的36.84%。

在种层面,209种仅被NRL(2015年)收录,包括:*Acantholimon sogdianum*(极危)、*Allium elegans*(濒危)等。8种仅被IUCN-RL(2022年)收录,包括:*Crataegus necopinata*(极危)、*Malus domestica*(易危)等。11种被2份名录共同收录,对比2份名录的受威胁等级差异,IUCN-RL(2022年)中受威胁等级比NRL(2015年)中高的有6种,包括:*Cornus darvasica*(IUCN-RL中为极危,NRL中为濒危),*Crataegus darvasica*、*Zygophyllum darvasicum*、*Zygophyllum bucharicum*(IUCN-RL中为极危,NRL中为易危),*Prunus tadzhikistanica*、*Pyrus cajon*(IUCN-RL中为濒危,NRL中为易危)。IUCN-RL(2022年)中受威胁等级比NRL(2015年)中低的有4种,包括:*Tulipa anisophylla*、*Tulipa fosteriana*、*Tulipa praestans*(IUCN-RL中为易危,NRL中为极危)以及*Tulipa subquinquefolia*(IUCN-RL中为易危,NRL中为濒危)。IUCN-RL(2022年)与NRL(2015年)中受威胁等级相同的物种仅有1个,即*Lonicera paradoxa*(濒危)。

2.3 受威胁物种分布格局

由图1、图2可知,塔吉克斯坦各地理区受威胁物种分布较分散。受威胁物种丰富度最高的地区



注:基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2023)336号的标准地图制作,底图边界无修改。下同。

图1 塔吉克斯坦受威胁植物地理分布格局

Fig. 1 Geographical distribution pattern of threatened plants in Tajikistan

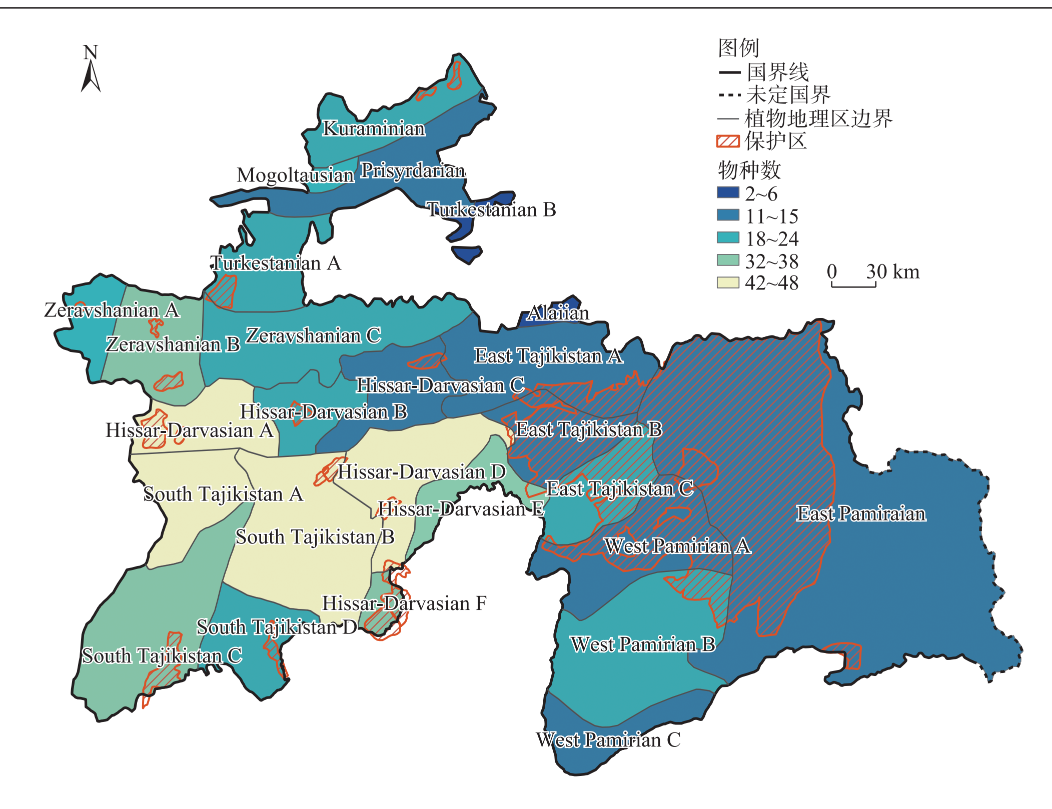


图2　塔吉克斯坦受威胁植物分布格局与保护区叠加

Fig. 2　Distribution pattern of threatened plants in Tajikistan overlaid with nature reserves

是吉萨尔–达尔瓦查A(Hissar-Darvasian A)，物种数为48，该地区面积为3889 km^2，含面积分别为317.07 km^2及64.94 km^2的希尔肯特历史自然公园(Ширкентский историко-природный парк)和Алмасинский 2个保护区，保护区面积占地区面积的9.8%。

物种数在42~48之间的地区有4个，包括：吉萨尔–达尔瓦查A、南塔吉克斯坦A(South Tajikistan A)、南塔吉克斯坦B(South Tajikistan B)、吉萨尔–达尔瓦查D(Hissar-Darvasian D)。

物种数在32~38之间的地区有4个，包括：泽拉夫尚山脉B(Zeravshanian B)、南塔吉克斯坦C(South Tajikistan C)、吉萨尔–达尔瓦查E(Hissar-Darvasian E)、吉萨尔–达尔瓦查F(Hissar-Darvasian F)；共涉及6个保护区，保护区覆盖程度低。其中，吉萨尔–达尔瓦查F地区保护区覆盖程度最高，含自然保护区Даштиджумский。

物种数在18~24之间的地区最多，共9个，包括：Kuraminian、Mogoltausian、突厥斯坦A(Turkestanian A)、泽拉夫尚山脉A(Zeravshanian A)、泽拉夫尚山脉C(Zeravshanian C)、吉萨尔–达尔瓦查B(Hissar-Darvasian B)、西帕米尔B(West Pamirian B)、东塔吉克斯坦C(East Tajikistan C)、南塔吉克斯坦D(South Tajikistan D)；共涉及6个保护区，包括：泽拉夫尚自然保护区(Зеравшанский)、罗米特自然保护区(Ромит)、Акташский、Кусавлисайский、Каратауский及部分塔吉克斯坦国家公园(Таджикский Национальный парк)。

物种数在11~15之间的地区有7个，包括：Prisyrdarian、吉萨尔–达尔瓦查C(Hissar-Darvasian C)、东塔吉克斯坦A(East Tajikistan A)、东塔吉克斯坦B(East Tajikistan B)、西帕米尔A(West Pamirian A)、西帕米尔C(West Pamirian C)、东帕米尔(East Pamiraian)；共涉及3个保护区，包括：Комаровский、佐尔库尔自然保护区(Зоркуль)及部分塔吉克斯坦国家公园。

物种数在2~6之间内的地区最少，共2个，包括：突厥斯坦B(Turkestanian B)、阿赖山(Alajian)；皆无保护区分布。

3　讨 论

根据IUCN-RL[16](2022年)及NRL[13](2015年)数据，葱属植物面临多种威胁，如栖息地破坏、放牧、栖息地耕地化和采集等。其中，放牧是最主要

的威胁因素，占50%；采集导致的威胁占37.5%。在塔吉克斯坦，这些植物主要分布在草原、阔叶林、高山、半荒漠和沙漠地区。草原生境的受威胁葱属植物种类最多，占比为45%，其次是半荒漠和沙漠地区，占25%，这一情况导致了放牧对该属物种的影响最大。郁金香属物种的受威胁因素[13]包括修路、大规模采集[8]、球茎挖掘贸易或食用、栖息地耕地化、放牧和采矿工程，其中，放牧和大规模采集各占33%。塔吉克斯坦的郁金香属植物主要分布在高山、半荒漠、草原、沙漠和半沙漠、岩石和石灰岩地区及高山草甸，据统计，半荒漠生境的受威胁郁金香属物种占比最高，达45%，其次是草原，占35%[13]。放牧和大规模采集对该属植物影响显著。阿魏属植物的受威胁因素包括牧场、采矿工程、采集芳香植物茎和提取汁液、农业等[13]。它们主要分布在塔吉克斯坦的热带森林、灌木林地、石灰岩地区、岩石山坡、高山地区和半荒漠地区[13]。岩石山坡是受威胁阿魏属植物种类最多的地区，主要原因在于当地居民将其用作放牧和采矿，导致受威胁阿魏属植物的栖息地遭到破坏[49]。此外，居民和牲畜集中定居于牧场附近，随着燃料供应减少和价格上涨，更多家庭依赖附近的木材资源进行供暖和烹饪[49]，进一步加剧了阿魏属受威胁植物栖息地的破坏情况。

综上所述，塔吉克斯坦境内葱属、郁金香属和阿魏属植物的生存与种群稳定受到放牧、采矿工程和采集的显著负面影响，其中，放牧对其影响尤为严重，其他因素也在不同程度上对其产生影响[13]。Akhmadov等[50]的研究指出，塔吉克斯坦长期以来的过度放牧和农业耕作已经严重破坏了物种的栖息地，导致植被构成发生了巨大变化。Squires等[51]提到，非法伐木和过度放牧等人为因素正在对塔吉克斯坦的生物多样性造成不可逆的破坏。Nowak等[52]的研究强调，塔吉克斯坦的特有物种面临着密集放牧、土壤侵蚀和荒漠化等主要威胁。这些研究结果与本文得出的结论相符，进一步证实了放牧对该地区生态系统的不良影响。该问题的提出应引起广泛重视，被列为保护工作的重点。

为深入研究物种受威胁情况并制定生物多样性保护目标，不应局限于对其威胁因素的分析，还需考虑不同评估尺度下受威胁物种等级差异的产生因素。在塔吉克斯坦，4种物种在全球尺度[16]评估等级上低于国家评估[13]等级。其中，*Tulipa praestans* 于2022年被IUCN-RL评估为易危，而在NRL（2015年）中评估等级为极危。该物种为塔吉克斯坦特有种，此评估差异主要源于分类观点不同，NRL（2015年）将*Tulipa praestans*和*Tulipa subpraestans*视为不同物种，而IUCN则将后者视为前者的异名[53]。*Tulipa praestans*分布于瓦赫什河（Vakhsh）、Қаторкӯҳи Сарсарак、Sanglokh、吉萨尔（Hissor）、Qarotegin等地，而*Tulipa subpraestans*分布于瓦赫什河（Vakhsh）、Қаторкӯҳи Сарсарак、Sanglokh、Sipoktogh、Sebiston。

*Tulipa anisophylla*也存在类似情况，被IUCN-RL（2022年）评估为易危，而在NRL（2015年）被列为极危。这一评估差异主要源于该物种存在分类学争议，*Tulipa korshinksyi*被确认为其异名[53]，但在原产地仍被视为独立的种，并于2020年被Nowak等[8]评估为近危（NT）。而在IUCN的评估报告中，这两者被视为同一物种。

另一种情况，*Tulipa fosteriana*在世界尺度被评估为易危，而在塔吉克斯坦被评为极危[13]，这种差异主要源自评估尺度的不同，该物种的主要分布区在乌兹别克斯坦而非塔吉克斯坦，这导致全球尺度的受威胁等级较国家尺度的受威胁等级低。

此外，塔吉克斯坦特有种*Tulipa subquinquefolia*在IUCN-RL（2022年）被评为易危，而在NRL（2015年）被列为濒危。根据NRL（2015年）的记录，该物种仅在杜尚别植物园和库利亚布植物园有栽培记录，而在IUCN-RL（2022年）中，记录了该种于Даштиджумский自然保护区中的保护信息，该保护区设立于1972年[48]。推测在2014年至2022年间，该物种在Даштиджумский自然保护区受到保护，种群数量增加，且NRL（2015年）评估时保护信息不全。

有6种物种在全球尺度评估等级[16]上高于国家评估[13]等级。其中，塔吉克斯坦特有种*Cornus darvasica*在NRL（2015年）被评定为濒危，IUCN-RL（2022年）在1998、2007年和2018年对其进行评估，最初的评估结果显示该物种为濒危，与NRL（2015年）的评估结果一致。然而，在随后的2次评估中，该物种的状态被升级为极危。NRL（2015年）及IUCN-RL（2022年）均未记载该物种的保护信息。推测该物种的种群数量在NRL（2015年）评估后有所减少，但NRL未及时更新物种信息。导致IUCN-RL（2022年）对该物种受威胁评估等级较（2015年）

更高，这表明塔吉克斯坦在受威胁物种的信息更新及保护方面存在不足。

与上述情况不同的是，塔吉克斯坦特有种 *Crataegus darvasica* 在 NRL（2015年）中被评定为易危，而在IUCN-RL（2022年）中被评定为极危，评估时间为2007年。根据NRL（2015年）[13]，该物种在杜尚别植物园和库利亚布植物园均有栽培。据推测，IUCN-RL于2007年对该种进行评估后，该物种种群数量增加，导致NRL（2015年）评估该物种受威胁等级降低，而IUCN-RL未及时更新物种信息。

此外，2007年，IUCN-RL将 *Zygophyllum darvasicum* 评估为极危，但NRL（2015年）中将其等级下调为易危。*Zygophyllum bucharicum* 在2007年被IUCN-RL评估为极危，但在NRL（2015年）中等级下调至易危。特有种 *Prunus tadzhikistanica* 和 *Pyrus cajon* 在2007年的IUCN-RL中被评估为濒危，在NRL（2015年）中等级下降至易危。IUCN-RL和NRL均未提供上述4种物种的保护信息，推测评估差异主要因为2007年至2014年间物种保护状况改善，导致种群数量增加。

以上结果阐明了在全球和国家评估尺度下，塔吉克斯坦受威胁物种评估等级存在差异，并突显了该国在受威胁物种保护方面存在不足，包括保护区覆盖不足的问题。目前，塔吉克斯坦自然保护区仅覆盖了约22%的领土[48]，未达到2030年前保护30%土地的国际目标[54]。因此，该国急需加大自然保护区的建设力度[55]。通过GIS图层叠加分析发现，塔吉克斯坦的植物保护区分布存在不合理之处，这与Nowak等[8]的研究观点一致。根据全球植物保护战略[56]设定的目标7，要求就地保护至少75%已知受威胁植物物种[57]。因此，建议在新增保护区时优先考虑此类受威胁物种丰富度较高地区。

4 结论与建议

4.1 结论

（1）NRL（2015年）与IUCN-RL（2022年）中共收录了228个受威胁物种，11种物种被2份名录共同收录且存在受威胁等级差异，IUCN-RL（2022年）中高受威胁等级物种较多。评估尺度、分类观点不一致和物种情况发生实质变化及评估资料不全面是导致这一差异的主要原因。

（2）塔吉克斯坦受威胁植物物种数最高的属依次为：葱属（*Allium*）、郁金香属（*Tulipa*）、阿魏属（*Ferula*），主要分布于草原、半荒漠、岩石山坡、热带森林和灌林，主要受到放牧、采集和采矿工程等因素的显著不利影响。

（3）塔吉克斯坦各地理区受威胁物种分布较分散，保护区分布不均，87.29%的保护区集中在东部，西部仅有零星分布，南塔吉克斯坦A受威胁植物丰富度较高，却没有设置相应的保护区。而东塔吉克斯坦A、东塔吉克斯坦B、东帕米尔、西帕米尔B、东塔吉克斯坦C受威胁植物丰富度较低，保护区覆盖程度极高。保护区分配不合理。

（4）塔吉克斯坦保护区仅覆盖了该区域约22%的领土，低于“2020后全球生物多样性框架”中2030年前保护30%土地的国际目标。建议在新增保护区时优先考虑南塔吉克斯坦A、吉萨尔-达尔瓦查A、南塔吉克斯坦B及吉萨尔-达尔瓦查D等受威胁物种丰富度较高的地区。

4.2 建议

综合考虑全球与国家评估尺度下受威胁物种等级差异的产生因素，建议在红色名录的评估和使用过程中，重点关注以下几点：（1）在评估过程中，应尽量采用一致的分类观点，以减少由于分类观点不同而引起的评估结果差异。在使用红色名录进行研究时，应充分了解此类问题，最大程度地减少研究结果误差。（2）针对存在分类学争议的物种，应进行深入研究，以明确其分类地位。（3）加强对受威胁物种数量和栖息地状况的监测，及时更新评估信息，充分收集物种保护信息。在使用红色名录时，需注意信息时效性及完整性。

为改善塔吉克斯坦受威胁植物的保护状况，提出以下建议：（1）对于未充分保护且受威胁物种丰富度较高的地区，应重点加强保护力度。（2）控制放牧活动对受威胁植物的影响，建议实施适当的放牧管理措施以控制放牧的强度和频率。（3）在砍伐木材和采矿活动中，应采取有效的环境保护措施，减少对周边植被和栖息地的破坏。（4）对于植物采集现象，应建立相关管理规定，严格查处非法采集行为，鼓励使用替代品或人工合成品替代对受威胁植物的采集。（5）强化公众对生物多样性保护的意识。

参考文献(References)

[1] 曹小朦, 陈林, 潘婷婷, 等. 江西武夷山国家级自然保护区珍稀濒危植物现状及优先保护研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2024, 48(5): 39-47. [Cao Xiaomeng, Chen Lin, Pan Tingting, et al. Conservation status and priority of rare and endangered plants in Jiangxi Wuyishan National Nature Reserve[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2024, 48(5): 39-47.]

[2] 安慧君, 刘佳慧, 张韬. 东阿拉善-西鄂尔多斯狭域特有植物濒危分级标准与优先保护级的确定研究[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(1): 194-200. [An Huijun, Liu Jiahui, Zhang Tao. Study on definition of endangering standard of exclusive plants in eastern Alashan-western Erdos[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(1): 194-200.]

[3] Mounce R, Rivers M, Sharrock S, et al. Comparing and contrasting threat assessments of plant species at the global and sub-global level[J]. Biodiversity and Conservation, 2018, 27(4): 907-930.

[4] 解焱. IUCN受威胁物种红色名录进展及应用[J]. 生物多样性, 2022, 30(10): 66-83. [Xie Yan. Progress and application of IUCN red list of threatened species[J]. Biodiversity Science, 2022, 30(10): 66-83.]

[5] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 国家濒危物种红色名录的生物多样性保护意义[J]. 生物多样性, 2020, 28(5): 558-565. [Jiang Zhigang, Jiang Jianping, Wang Yuezhao, et al. Significance of country red lists of endangered species for biodiversity conservation[J]. Biodiversity Science, 2020, 28(5): 558-565.]

[6] Nobis M, Nowak A. New data on the vascular flora of the central Pamir Alai Mountains (Tajikistan, Central Asia)[J]. Polish Botanical Journal, 2011, 56(2): 195-201.

[7] 黄俊华, 翟申修, 姚雨仙, 等. 塔吉克斯坦种子植物区系分析[J]. 干旱区地理, 2013, 36(4): 584-590. [Huang Junhua, Zhai Shenxiu, Yao Yuxian, et al. Seed plant flora of Tajikistan[J]. Arid Land Geography, 2013, 36(4): 584-590.]

[8] Nowak A, Świerszcz S, Nowak S, et al. Red list of vascular plants of Tajikistan: The core area of the Mountains of Central Asia global biodiversity hotspot[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 6235, doi: 10.1038/s41598-020-63333-9.

[9] Nowak A, Nowak S, Nobis M. Distribution patterns, ecological characteristic and conservation status of endemic plants of Tadzhikistan: A global hotspot of diversity[J]. Journal for Nature Conservation, 2011, 19(5): 296-305.

[10] Ning W, Rawat G S, Joshi S, et al. High-altitude rangelands and their interfaces in the Hindu Kush Himalayas[M]. Kathmandu: International Centre for Integrated Mountain Development Kathmandu, 2013: 43-61.

[11] Сафаров Н, Хисориев Х, Шерматов Х. Plant diversity in Tajikistan and present conservation status of their rare and endangered species[J]. Известия Академии наук Республики Таджикистан Отделение биологических и медицинских наук, 2019(4): 7-20.

[12] Narzikulov M. Red date book of Tajik SSR[M]. London: Donnish Publishing House, 1988: 1-336.

[13] Hisorev H. Red date book of the Tajikistan[M]. Dushanbe: Izdatelstvo Donish, 2015: 1-536.

[14] Squires V, Safarov N. Diversity of plants and animals in mountain ecosystems in Tajikistan[J]. Journal of Rangeland Science, 2013, 4(1): 43-61.

[15] Olonova M, Gudkova P, Navruzshoev D, et al. Endemic and relic species plants of Badakhshsan (Pamirs) and new approach to their conservation[J]. Ukrainian Journal of Ecology, 2020, 10(6): 137-144.

[16] IUCN. The IUCN red list of threatened species (Version 2023-1) [DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.iucnredlist.org.

[17] 吴万虎. 塔吉克斯坦国水资源及其径流对气候变化的响应[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013. [Wu Wanhu. The water resources of Tajikistan and runoff response to climate change[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013.]

[18] 陈爱军, 张寅, 楚志刚. 基于FY-4A QPE的中亚五国降水时空分布特征[J]. 干旱区研究, 2023, 40(9): 1369-1381. [Chen Aijun, Zhang Yin, Chu Zhigang. Spatiotemporal distribution of precipitation in five Central Asian countries based on FY-4A quantitative precipitation estimates[J]. Arid Zone Research, 2023, 40(9): 1369-1381.]

[19] 吾买尔夏提·塔汉, 魏岩, 海德洛夫 Z Y. 塔吉克斯坦吉萨尔山植被特点[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(16): 7272-7273. [Tahan Wumailxat, Wei Yan, Khyldlov Z Y. The vegetation characteristics of Hissar Mountain in Tajikistan[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(16): 7272-7273.]

[20] Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew[DB/OL]. [2023-11-20]. https://powo.science.kew.org/.

[21] International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens[DB/OL]. [2023-11-12]. http://www.ipni.org/.

[22] Ovchinnikov P N. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. I)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1957: 1-547.

[23] Ovchinnikov P N. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. II)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1963: 1-456.

[24] Ovchinnikov P N. Flora Flora Tadzhikskoi SSR (vol. III)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1968: 1-710.

[25] Ovchinnikov P N, Kochkareva T F. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. IV)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1975: 1-576.

[26] Ovchinnikov P N. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. V)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1978: 1-678.

[27] Ovchinnikov P N, Kinzikaeva G. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. VI)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1981: 1-725.

[28] Chukavina A P. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. VII)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1984: 1-562.

[29] Kochkareva T F. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. VIII)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1986: 1-519.

[30] Kinzikaeva G K. Flora Tadzhikskoi SSR (vol. IX)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1988: 1-568.

[31] Rasulova M R. Flora Flora Tadzhikskoi SSR (vol. X)[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1991: 1-619.

[32] Tsvelev N N. Zlaki SSSR[M]. Moskwa: Izdatelstvo Nauka, 1976: 1-357.

[33] Ikonnikov S S. Notes on the flora of Pamir and Badakhshan[J]. Novosti Sistematiki Vysshikh Rastenii, 1983, 20: 187-195.

[34] Machm A M. *Salvia tianschanica*[J]. Novosti Sistematiki Vysshikh Rastenii, 1980, 17: 215.

[35] Hedgee I C. Studies in the flora of Afghanistan III: An account of *Salvia*[J]. Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh, 1966, 26: 407-425.

[36] GBIF. Global biodiversity information facility[DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.gbif.org/.

[37] Workshop K. *Tulipa hissarica* (spatial data): The IUCN red list of threatened species[DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.iucnredlist.org.

[38] Workshop K. *Tulipa anisophylla* (spatial data): The IUCN red list of threatened species[DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.iucnredlist.org.

[39] Workshop K. *Tulipa kaufmanniana* (spatial data): The IUCN red list of threatened species[DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.iucnredlist.org.

[40] Workshop K. *Tulipa praestans* (spatial data): The IUCN red list of threatened species[DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.iucnredlist.org.

[41] Workshop K. *Tulipa subquinquefolia* (spatial data): The IUCN red list of threatened species[DB/OL]. [2023-11-20]. https://www.iucnredlist.org.

[42] Group T A P. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV[J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2016, 181(1): 1-20.

[43] Group T P P, Schuettpelz E, Schneider H, et al. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns[J]. Journal of Systematics and Evolution, 2016, 54(6): 563-603.

[44] Christenhusz M J M. A linear sequence of extant lycophytes and ferns[J]. Phytotaxa, 2011, 19(1): 7-54.

[45] 单章建, 阙灵, 陈淑楠, 等. 江西省药用维管植物的分布特征和保护现状分析[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(3): 50-57. [Shan Zhangjian, Que Ling, Chen Shunan, et al. Analyses on distribution characteristics and conservation status of medicinal vascular plants in Jiangxi Province[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2020, 29(3): 50-57.]

[46] Scott J M, Davis F, Csuti B, et al. Gap analysis: A geographic approach to protection of biological diversity[J]. Wildlife Monographs, 1993, 123(3): 3-41.

[47] 董子彦, 马乐, 高姝晗, 等. 四合木(*Tetraena mongolica*)的潜在适生区预测及其与自然保护区GAP分析[J]. 干旱区地理, 2023, 46(4): 595-603. [Dong Ziyan, Ma Le, Gao Shuhan. Potential habitat prediction of *Tetraena mongolica* and its GAP analysis with nature reserves[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(4): 595-603.]

[48] UNEP-WCMC. Protected area profile for Tajikistan from the world database on protected areas[DB/OL]. [2023-12-10]. https://www.protectedplanet.net.

[49] Breu T M, Hurni H. The Tajik Pamirs: Challenges of sustainable development in an isolated mountain region[M]. Berne: Centre for Development and Environment (CDE) University of Berne, 2003: 22-23.

[50] Akhmadov K M, Breckle S W, Breckle U. Effects of grazing on biodiversity, productivity, and soil erosion of alpine pastures in Tajik Mountains[C]//Spehn E M, Liberman M, Korner C. Land Use Change and Mountain Biodiversity. Miami: CRC Press, 2006: 241-249.

[51] Squires V R, Safarov N. High-altitude ecosystems and biodiversity of Tajikistan: Conservation and management[C]//Rawat G S, Joshi S, Ismail M, et al. High-Altitude Rangelands and Their Interfaces in the Hindu Kush Himalayas. Kathmandu: ICIMOD, 2013: 78-88.

[52] Nowak A, Nobis M. Tentative list of endemic vascular plants of the Zeravshan Mts in Tajikistan: Distribution, habitat preferences and conservation status of species[J]. Biodiversity Research and Conservation, 2010, 19: 65-80.

[53] Christenhusz M J, Govaerts R, David J C, et al. Tiptoe through the tulips-cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae)[J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2013, 172(3): 280-328.

[54] CBD. A new global framework for managing nature through 2030: First detailed draft agreement debuts[EB/OL]. [2021-06-07]. https://www.cbd.int/article/draft-1-global-biodiversity-framework.

[55] 黄秋淞, 何浩. 耦合生态系统服务和景观连通性的环塔里木盆地绿洲区生态安全格局研究[J]. 干旱区地理, 2024, 47(10): 1745-1754. [Huang Qiusong, He Hao. Ecological security pattern of the oasis area around the Tarim Basin based on coupled ecosystem services and landscape connectivity[J]. Arid Land Geography, 2024, 47(10): 1745-1754.]

[56] Jackson P W, Kennedy K. The global strategy for plant conservation: A challenge and opportunity for the international community [J]. Trends in Plant Science, 2009, 14(11): 578-580.

[57] Paton A, Lughadha E M. The irresistible target meets the unachievable objective: What have 8 years of GSPC implementation taught us about target setting and achievable objectives?[J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2011, 166(3): 250-260.

Diversity and conservation gaps of threatened vascular plant species in Tajikistan

LI Yufan[1,2], LI Wenjun[2,3], MA Suliya[3,4], SU Yuqi[1,2], WANG Hongfeng[1]

(1. Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China; 2. Conservation and Utilization of Plant Gene Resources, Key Laboratory of Xinjiang, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 3. China-Tajikistan Belt and Road Joint Laboratory on Biodiversity Conservation and Sustainable Use, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 4. Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, Inner Mongolia, China)

Abstract: Threatened species are critical targets for biodiversity conservation. This study evaluates the diversity and conservation status of threatened vascular plant species in Tajikistan using data from the International Union for Conservation of Nature (IUCN) red list and Tajikistan's national red list. Discrepancies between the IUCN red list and the national red list are analyzed. Geographic information systems (GIS) and gap analysis (GAP), combined with distribution patterns of threatened plant species and the national protected area map in Tajikistan, are used to conduct a protection gap analysis for these species. The findings are as follows: (1) The genera with the highest number of threatened species in Tajikistan include *Allium*, *Tulipa*, and *Ferula*, primarily impacted by grazing, collection, and mining activities. (2) A total of 228 threatened species are listed in both the 2015 Tajikistan red list [NRL (2015)] and the third edition of the 2022 IUCN red list [IUCN-RL (2022)], with 11 species common to both lists. In the IUCN-RL (2022), six species are classified at a higher threat level than in the NRL (2015), four at a lower threat level, and one at the same level. These discrepancies arise from differences in assessment criteria, classification perspectives, changes in species status, and incomplete data. (3) The distribution of threatened species across Tajikistan is relatively scattered, with the highest threatened species richness in the Hissar-Darvasian A region. (4) Protected areas cover approximately 22% of Tajikistan's territory; however, their boundaries do not fully align with regions of higher species richness. The protection level in key areas is insufficient and requires strengthening.

Key words: Tajikistan; pant diversity; threatened plant; distribution pattern; conservation gaps